

# **DIE EINWIRKUNG DER DONAU UND DER OBERFLÄCHENFORMEN AUF DIE MIKROKLIMATISCHEN VERHÄLTNISSE DES UFERRANDES BEI ALSÓGÖD**

Von

M. ANDÓ

Klimatologisches Institut der Universität Szeged.

Wenige Abhandlungen beschäftigen sich mit der Frage in welchem Masse die stehenden und die fließenden Gewässer die mikroklimatischen Verhältnisse der Uferlandes verändern. In unserem Lande wurde solche Untersuchungen nur in wenigen Fällen, besonders neben dem PLATTENSEE (BALATON) und der THEISS (TISZA) durchgeführt, und so sehr viele Probleme warten noch auf Lösung in betreff dieser Wechselwirkungen. Eine vielseitige Untersuchung des Problems ist besonders wichtig, weil die das Mikroklima verändernde Einwirkung der Wasserflächen bei verschiedenen Wetterlagen bedeutend sein kann.

Die Kenntnis der mikroklimatischen Verhältnisse ist bei vielen Fragen wichtig. Bei einzelnen Untersuchungen können wir aber kein vollständiges Bild gewinnen, Vollständigkeit können wir ja auch nicht erwarten. Die Teilergebnisse aber, die durch Methoden der komplexen Untersuchung gewonnen werden, helfen die Verhältnisse und Wechselwirkungen zu erkennen in denen die Flüsse und Seen eine Rolle spielen.

In meiner Arbeit erstatte ich Bericht über eine diesbezügliche Mikroklimauntersuchung, näher über die Mikroklimamodifizierende Einwirkung der DONAU bzw. über die mikroklimatischen Verhältnisse des umgebenden Überschwemmungsgebietes.

Der Platz der Untersuchung ist ALSÓGÖD (zwischen BUDAPEST und VÁC) auf dem Gebiet der Biologischen Station der Universität L. Eötvös von BUDAPEST, das unmittelbar im linken Überschwemmungsgebiet der DONAU liegt.

Im Rahmen der Mikroklimauntersuchung von 1957 des *Klimatologischen Instituts der Universität von SZEGED* führten wir vom Flüsse ausgehend Querschnittmessungen während einer Woche (vom 7. juli bis 15.) aus. Die Messungen wurden in jeder Stunde mit Assmanschen Aspirationspsychometern Tag und Nacht, ohne Unterbrechung genommen. Auf dem Terrain befand sich auch eine Klimastation. An allen Beobachtungspunkten wurden die Beobachtungen zur gleichen Zeit gemacht, und zwar im 5 und im 50 cm Niveau. Warum wir eben diese Niveaus wählten, erklärt sich dadurch, dass die experimentellen Setzlinge

auf diesem Terrain sowie der Untersuche des Überschwemmungsgebietswaldes sich in diesem Höhen befinden.

In erster Linie interessierte uns nämlich, unter welchen Klimaverhältnissen die natürlichen und die künstlichen Pflanzenbestände sich befinden und welche Einwirkung die unmittelbare Nähe der DONAU auf diese Assoziationen ausübt.

Wie Abb. 1. zeigt, ist das untersuchte Terrain mit sehr mannigfaltigen Konfigurationen untermischt. Dies wird in unserer Karte mit 1 m hohen Isohypsen dargestellt. In seinen natürlichen Zustand ist das Terrain ein Abhang des Überschwemmungsgebietes mit künstlichen 5—6 m hohen Sandhügeln auf denen ein Bestand von 50 jährigen Föhren und Schwarzkiefern steht hier und da mit Laub-

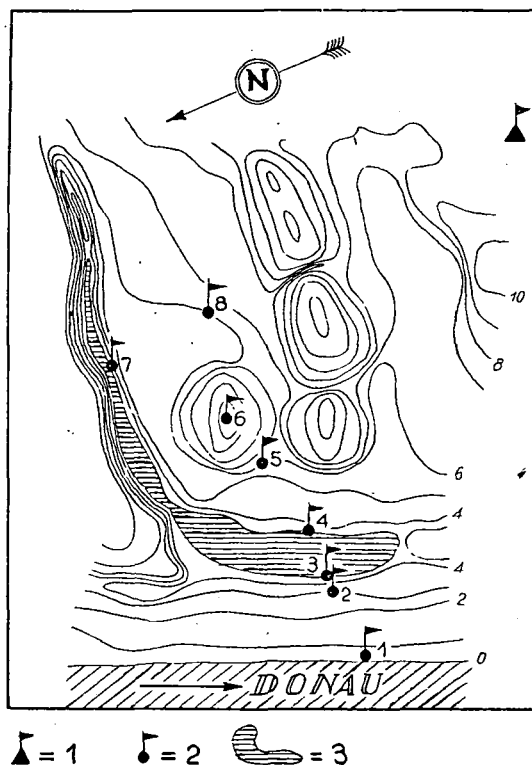


Abb. 1. Das Stationsnetz der Mikroklimaforschung in Alsógöd. Schichtlinien 'in jeden Meter. O Punkt der Wasserspiel der Donau. 1 = Beobachtungszentrum der Widerstandsthermometer. 2 = Beobachtungsstationen. 3 = künstlicher Teich.

bäumen gemischt. Die Mannigfaltigkeit des Terrains wird noch erhöht durch das 1—3 m tiefe künstliche Teichsystem das zwischen der DONAU und der erwähnten Hügeln gelegen ist. Diese Art des Überschwemmungsgebietes mit mannigfaltigen Geländeformationen ist zwar an den Ufern der DONAU nicht allgemein und so sind die mikroklimatischen Verhältnisse hier mit denen der anderen in

ihrem Charakter verschiedenen Uferränder. Aber auch dieses Gebiet trägt an sich den eigenartigen mikroklimatologischen Charakter den die grosse Wassermenge der DONAU zustande bringt.

### *Die Wetterlage während der Beobachtungsperiode.*

Die Beobachtungen führten wir vom 7. bis zum 15. Juli 1957 aus. Die makrosynoptische Gestaltung dieser Periode wird durch Folgendes charakterisiert. Ende Juni, am 28—29. wird plötzlich warme, dunstreiche Luft herrschend, deren Dunstgehalt am 4. Juli stark abnimmt. Die Temperatur steigt aber weiter. Die Temperaturanomalie war während 12 Tage vom 29. Juni bis zum 10. Juli stets positiv; während 3 Tage zwischen dem 6. und 9. Juli war die tägliche Durchschnittstemperatur über 30° C. Was den Niederschlag betrifft kann diese Periode als trocken bezeichnet werden und an den letzten 3 Tagen erfolgte eine Luftdürrenperiode. Die Wärmeperiode wurde dann am 9. und 10. mit Gussregen und Gewittern durch einen Kälteeinbruch beendet, der im ganzen Lande reichliche Niederschläge ergab. Wie es aus dem Gesagten ersichtlich ist, waren wir während der Zeit unserer Untersuchung glücklich darin, dass wir imstande waren die mikroklimatischen Verhältnisse des Überschwemmungsgebietes, die Wechselwirkungen des Flusses bei charakteristisch verschiedenen Wetterlagen zu untersuchen.

### *Der Gang der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit*

In den ersten Tagen unserer Untersuchung am 7., 8. und auch noch am 9. (an welchem Tage in den Nachmittagsstunden ein Regenguss fiel) war die mittlere Tagestemperatur in BUDAPEST infolge der Wirkung warmer trockener Luftmassen am 7. 30,0° C am 8. 30,8° C, am 9. 28,1° C; dagegen waren die mittleren Tagestemperaturwerte an der Klimastation in ALSÓGÖD am 7. 28,7° C, am 8. 30,0° C, am 9. 27,7° C.

Für die Untersuchung der mikroklimatischen Wirkungen der DONAU stellten wir nach der beiliegenden Kartenskizze (Abb. 1.) acht Psychrometerstationen auf. Auf Grund der hier gemachten Beobachtungen untersuchen wir den mikroklimatischen Charakter unseres Querschnitts.

TABELLE I.  
Temperaturunterschied zur 1. Station  
8. VII. 1957.

Zeit (h)	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.
Station- nummer												
1.	23,1	20,0	18,9	22,6	25,0	27,2	31,2	31,3	30,0	28,8	27,2	24,9
2.	-1,0	-0,4	0,9	0,2	1,3	2,0	1,7	-0,2	-0,2	-0,2	-0,8	-0,1
3.	-1,4	-0,5	1,3	0,7	2,2	2,6	-0,8	-0,3	-0,1	-0,4	-1,6	-0,9
4.	-1,5	-0,9	0,9	0,2	1,4	5,6	2,0	0,1	0,3	0,8	-1,2	-0,9
5.	-2,0	-1,1	0,3	0,2	1,6	9,3	5,2	0,9	2,0	1,0	-1,2	-1,1
6.	-2,7	-1,6	1,2	1,6	4,7	9,4	6,8	3,1	4,2	2,9	-0,8	-1,5

An Stationen 1, 2, 3, fanden wir in der Einstrahlungsperiode auf Grund der in den zwei Niveaus (5 bzw. 50 cm) gemessenen Lufttemperatur eine inversionale Temperaturverteilung. Ihre Grösse nimmt mit der Entfernung von der DONAU ab (Abb. 2.). Diese Entfernung kann auf ungefähr 60 m eingeschätzt werden; ferner (vom Flusse) bleibt die Inversion unter dem Einfluss der direkten Einstrahlung weg.

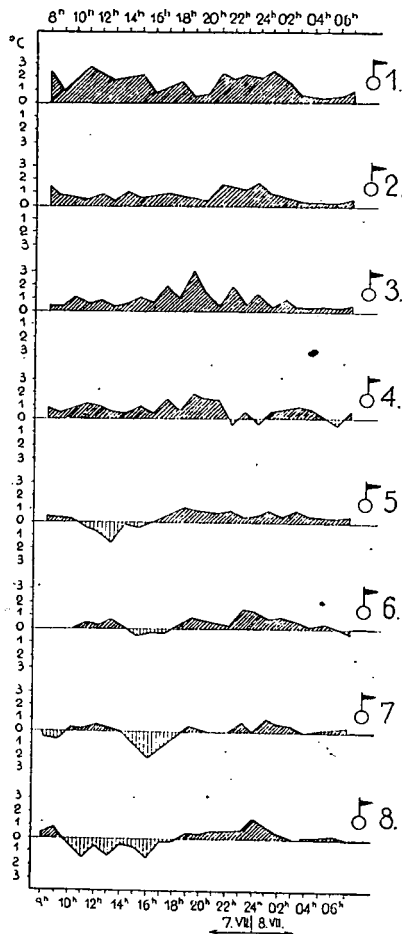


Abb. 2. Täglicher Gang der Inversion. Stationen nach der Abb. 1.

Auf die direkte Einwirkung der Sonnenstrahlung entsteht die höchste Temperatur natürlich dicht am Boden. Infolge der Beschattung durch die Vegetation kann an Stationen 4, 5, 6, 7, und 8 eine Inversion oder Isothermie auch zur Zeit der Einstrahlung entstehen. Am 7. und 8. Juli war der vertikale Temperaturgradient von 10 bis 16 Uhr positiv an Station 8. Dies ist die längste Zeitdauer unter allen Stationen.

Wenn wir den täglichen Temperaturgang von Station 8 mit dem von Station 1 vergleichen, finden wir das Gebiet von Station 8 wärmer. Zur Zeit der Temperaturmaxima sind die Temperaturunterschiede in beiden Luftniveaus durchschnittlich 5–6° C (37–32°). Abb. 3.

Wie es aus der Darstellung ersichtlich ist, kann hier von der Wärmeabsorption verschiedenen Massen zweier verschiedener Substratoberflächen die Rede sein. Die Temperatur von Station 8 (in bzw. 50 cm) sinkt auch in der Nacht nicht unter die von Station 1. An den anderen Stationen dagegen fanden wir, dass bis 22–9 Uhr die Temperatur tiefer ist als unmittelbar am Donauufer (Station 1.). Das ist auch natürlich, da die Wassermenge eine grosse Wärmespeicherungskapazität hat.

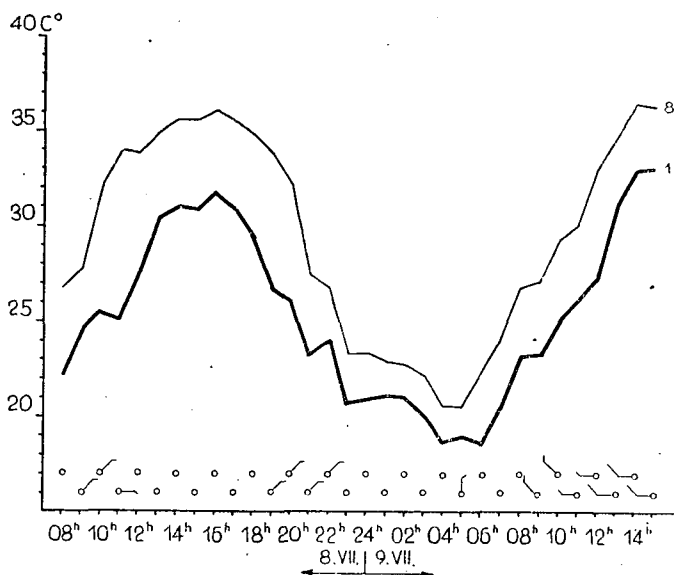


Abb. 3. Lauf der Lufttemperatur. Stationen 1 und 8 nach Abb. 1. Die obere Zeile der Wind-Angaben beziehen sich an die Station 8, die untere Zeile an 1.

Aus dem Charakter und der Lage von Station 8 könnte man darauf schliessen, dass die Ausstrahlung in diesem Gebiet viel bedeutender, dass heisst die nächtliche Abkühlung viel stärker sei. Wie wir es in der Abbildung sehen, ist das aber nicht der Fall. Der Temperaturgang der Station wird durch die schlammige, humushaltige Sandfläche, die reich ist an Bodenfeuchtigkeit und durch die geschlossene Formation der Künstlichen Hügel, die eine kraterartige Vertiefung bilden, stark beeinflusst. In grossem Masse wird der Temperaturgang auch durch die Wirkung der Raumfläche, Oberfläche die die Windverhältnisse modifiziert (von N und NW Windschatten) beeinflusst sowie durch die Tatsache, dass eine Turbulenz sich schwerlich bilden kann und dass die Konvektionsbewegungen wegen der vertikalen Schichtung der Lufttemperatur gering sind.

Im Temperaturgang der anderen Stationen (mit Ausnahme von Station 7, die sich in einem Tal befand) offenbart sich die Wechselwirkung des Flusses. Die

Grösse der Wechselwirkung in den Phasen der Erwärmung und der Abkühlung ist verschieden. Bei der Abkühlung nimmt die Temperatur in immer grösserem Masse ab wenn wir uns vom Fluss entfernen. So ist zum Beispiel die Temperatur des 50 cm Luftniveaus an Station 6 um 22 Uhr am 7. Juli um  $3,7^{\circ}\text{C}$  tiefer als die Temperatur von Station 1, die 150 cm davon entfernt ist. Unter den anderen Stationen ist der Temperaturunterschied an Station 5.  $3,5^{\circ}\text{C}$ , an Station 4.  $2,5^{\circ}\text{C}$ , an Station 3  $1,5^{\circ}\text{C}$ , an Station 2  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Dieses Bild der Temperaturverteilung ist auch an anderen Tagen gut erkennbar, es wird aber, besonders wenn ein NW — Wind weht, durch die nächtlichen Luftbewegungen stark beeinflusst.

In der Temperatur der Luft des 5 cm Niveaus kann diese regelmässige Verteilung nicht gefunden werden, was mit der Oberflächenmikroformation und der Modifikation der Vegetation zu erklären ist. Die Unterschiede findet man aber auch in 5 cm wenn man die täglichen Temperaturschwankungen untersucht. In diesem Falle können die zwei Substraten, das Wasser und das Überschwemmungsgebiet abgesondert werden.

Die tägliche absolute Schwankung der Temperatur nimmt in dem Masse der Entfernung vom Wasser zu. Das beweisen die am 8. VII. 1957. im 5 cm Niveau gemessenen folgenden Werte:

Grösse der Temperaturschwankung  $12,3^{\circ}\text{C}$  an St. 1,  $13,1^{\circ}\text{C}$  an St. 2,  $11,7^{\circ}\text{C}$  an St. 3,  $14,1^{\circ}\text{C}$  an St. 4,  $14,5^{\circ}\text{C}$  an St. 5,  $16,6^{\circ}\text{C}$  an St. 6. Nur Station 3. bildet eine Ausnahme, was sich mit dem Einfluss der Teichsystems erklären lässt.

Zum Verständnis der Gestaltung der Temperaturverhältnisse ist es nötig

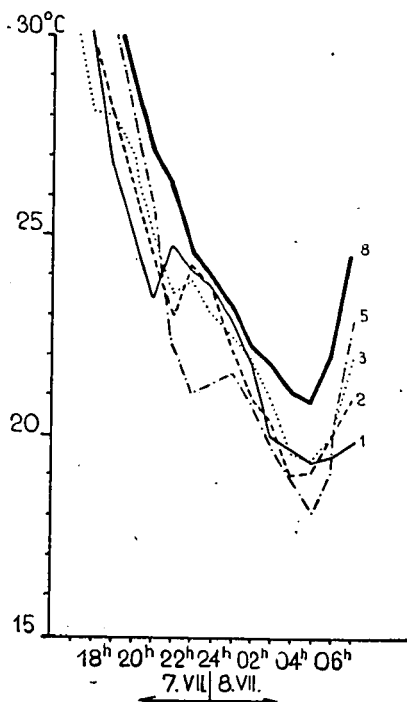


Abb. 4. Lauf der Lufttemperatur in der Nacht. Anordnung der Stationen nach Abb. 1.

ausser der oben Gesagten, auch auf den Wärmeaustausch der Luft über den verschiedenen Substraten kurz einzugehen.

Auf Grund unserer Angaben kann man feststellen, dass die Temperatur der Luft über dem Wasser um 21—22 Uhr höher wird als über dem festen Boden. Von dieser Zeit ab verlangsamt sich das Tempo der Abkühlung an den Uferstationen; die Abkühlung kann eventuell auch aufhören, oder vorübergehend auch zunehmen. Dieser Zustand dauert, nach unseren Beobachtungen ungefähr bis Mitternacht und ist das Ergebnis advektiver Vorgänge. Diese Wirkung kann auch an St. 6 beobachtet werden. Die Grösse der nächtlichen »Zweiterwärmung« nimmt mit der Entfernung von der DONAU ab und wird in Zeit verschoben. *Auf Grund unserer Untersuchungen können wir also feststellen, dass auf dem gegebenen Uferabschnitt die Wirkung der wärmeren Luft über der DONAU in den Nachtstunden sich auf ungefähr 150 m. erstreckt. (Abb. 4.)*

In der Erwärmungsperiode könnte man entgegengesetzte Wirkung erwarten, aber wegen der Mannigfaltigkeit des Terrains ist dessen Untersuchung sehr schwer. Während an Stationen 4, 5, 6 die Temperatur mit der Entfernung von der DONAU in der ganzen Einstrahlungsperiode steigt, kann das Steigen an Stationen 2, 3 nur von 8 Uhr morgens beobachtet werden. Danach wird die Temperatur dieses Terrains tiefer als die des Wasserrandes.

Diese Tatsache bedeutet soviel, dass man während der Einstrahlungsperiode die Verhältnisse des Wärmeaustausche der beiden charakteristischen Terrains nicht abgesondert untersuchen kann, diese durch den da zwischenliegenden charakteristischen Abschnitt des Überschwemmungsgebietes in grossem Masse beeinflusst werden. Zur Bestimmung der Gesetzmässigkeiten dieser modifizierenden Wirkungen sind aber unsere Angaben nicht genügend.

Die Gestaltung der oben beschriebenen Temperaturverhältnisse hängt in grossem Masse mit den Verhältnissen der Luft und der Bodenfeuchtigkeit zusammen. Neben der Temperatur haben wir uns auch mit den Luftfeuchtigkeitsverhältnissen beschäftigt.

Untersuchen wir vor allem den Tagesgang des relativen Feuchtigkeits. Die relative Feuchtigkeit im untersuchten Gebiet schwankt zwischen 40—100%. Zwischen den einzelnen Stationen sowie zwischen den einzelnen Niveaus gibt es natürlich Unterschiede. Im täglichen Gang ist die relative Feuchtigkeit in den 5 cm Niveaus grösser als in 50 cm Höhe.

TABELLE II.  
Luftfeuchtigkeit %.

Thermometershöhe (cm)	Stationsnummer	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
5	Tagesmittel	83	75	79	71	70	67	71	61
	min.	66	49	55	49	44	41	41	36
	max.	93	93	98	96	93	94	95	90
50	Tagesmittel	74	72	75	69	69	66	69	60
	min.	51	51	51	49	41	41	41	40
	max.	98	94	100	97	93	94	94	90

Im 5 cm Niveau ist der relative Dunstgehalt von Station 1 sehr hoch. Das Minimum selbst schwankt zwischen 60—70%. An den ferner gelegenen Stationen

ist der relative Dunstgehalt der Luft immer geringer, so dass er auf dem von der DONAU entferntesten Terrain (Station 8) nur noch 36—40% beträgt. Im 50 cm Niveau ist diese Abnahme schon weniger regelmässig, besonders in der Nacht, während der Zweiterwärmung. Dann ist die Lage nämlich umgekehrt, insofern der relative Dunstgehalt der Luft gegen die DONAU geringer ist. Die Unterschiede sind nicht gross, und die Sache lässt sich wahrscheinlich durch die Ausdunstung der verschiedenen Vegetation erklären.

In ihrer täglichen Verteilung übertrifft die relative Feuchtigkeit gegen 14—15 Uhr in beiden Niveaus zwischen den zwei entferntesten Terrains (Station 1 und 8) 25%. An den dazwischenliegenden Stationen ist der relative Dunstgehalt der Luft zwischen den beiden extremsten Werten proportional mit der Entfernung von der DONAU.

Die Gestaltung der relativen Feuchtigkeit allein ist nicht genügend dazu, dass wir die Feuchtigkeitsverhältnisse des untersuchten Terrains erkennen können, sie ist genügend dazu, dass wir die Wirkung des Wassers der DONAU, die es auf den Dunstgehalt des Ufergebietes ausübt messen können. Darum ist es wichtig auch die Veränderungen des absoluten Dunstgehaltes zu untersuchen, besonders weil im untersuchten Terrain sich auch Verdunstungsflächen befinden. Solche sind:

Beobachtungsstelle Nr. 1, die Wassermenge der DONAU.

Beobachtungsstelle Nr. 2, Uferrand mit feuchtem Boden, Vegetation mit ganz weichem Stengel und Weiden.

Beobachtungsstelle Nr. 3, künstlicher Fischteich.

Beobachtungsstelle Nr. 4, 5, 6, sandiger Schlamm mit grosser Bodenfeuchtigkeit. Geschlossener Pflanzenbestand mit weichem Stengel und gesetzte Baumgruppen.

TABELLE III.

*Dampfdruck*

Stationsnummer	Thermometershöhe (cm)	7. VII.										8. VII.		
		8h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h	24h		2h	4h	6h
1. sz.	5	17,0	19,7	22,1	23,5	24,5	23,0	22,9	17,4	17,0		16,7	16,0	15,4
	5	16,3	18,4	21,1	21,0	20,6	20,7	20,0	16,5	16,5		16,2	15,5	15,5
5. sz.	50	17,8	18,5	18,5	19,9	18,6	16,6	17,7	16,8	16,4		16,5	14,7	15,0
	5	16,6	18,1	19,4	17,5	16,7	14,8	17,6	18,3	16,4		16,8	14,8	15,0
8. sz.	50	15,9	17,5	17,7	16,3	16,2	17,7	18,2	18,3	17,5		16,8	16,3	16,3
	50	15,7	17,6	16,3	15,0	16,8	17,2	16,6	18,7	17,8		16,1	16,7	16,3

Wegen der Verdunstungsflächen und des Winschutzes ist die Schwankung des absoluten Dunstgehaltes der Luft in unserem Untersuchungsgebiet, wie es unsere Mesungen beweisen, wirklich gering. An Station 1 schwankte der Dampfdruck an heissen trockenen Tagen (am 7. und 8. Juli) zwischen 25—16 mm. Diese Werte sind im Gegensatz zu den Angaben der Klimastation sehr hoch. *Die täglichen Schwankungen des Dampfdruckes nehmen mit der Entfernung von der DONAU ab.* So ist die Schwankung zum Beispiel an Station 8 in 5 cm Höhe an



den untersuchten Tagen nur 2 mm, in 50 cm 2—3 mm, an Station 1 in 5 cm Höhe 9—10 mm, in 50 cm Höhe 5—6 mm. Es ist auffallend, dass im Bereich von Station 8 der Dunstgehalt ständig recht hoch (15—18 mm) ist.

Für diese Station ist es charakteristisch, dass man in Dampfdruck ausgedrückten Tagesgang auch nicht findet. Dagegen ist der Tagesgang des Dampfdruckes an Station 1 wohl bemerkbar.

Im Bereich von Stationen 2—3 ist der Dampfdruck im grösseren Teil der 24 Stunden, von 17 Uhr nachmittags bis 11 Uhr vormittags, grösser als an Station 1. Unserer Meinung nach gibt die mit Vegetation bedeckte durchnässte sumpfige Erdfäche eine grössere Menge Dunst in die Luft ab, als die offene Wasseroberfläche. Ähnliche Feststellungen mussten wir machen auch bei unseren Untersuchungen an der THEIS wo der Dunstgehalt der Luft über den Kubikgruben geringer Tiefe im Überschwemmungsgebiet und in der Nähe des Pflanzenbestands des Sumpfes grösser war als über dem offenen Wasserspiegel. Diese Probleme brauchen noch weitere eingehende Untersuchung.

### *Zusammenfassung*

Auf Grund unserer Untersuchungen haben wir festgestellt, dass im Mikroklima innerhalb des Überschwemmungsgebietes die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit die entscheidenden Faktoren sind, die die mikroklimatischen Verhältnisse der Überschwemmungsgebiete gestalten. Dazu kommt noch die Einwirkung der Wassermenge des Flusses auf die Umgebung des Ufers, welche Einwirkung besonders in der Gestaltung der Nachttemperatur bemerkbar ist. Innerhalb des Überschwemmungsgebietsabschnittes befinden sich verhältnismässig geschlossene Bereiche, wie die von Station 8 und 7, wo die kühlende bzw. wärmende Wirkung der Wassermenge wegen der Reliefverhältnisse nicht zur Geltung gelangen konnte. Wo aber das Relief die Bewegung der bodennahen Luftschichten nicht hindert wie an Stationen 1, 2, 3, 4, 5, 6 bilden sich miteinander engverbundene, in ihrem Gang harmonisch zusammenhängende Mikroklimata und die Wirkung des Wassers macht sich in ihnen messbar bemerklich.